

⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 3541962 A1**

*GP 2 168 080*

⑤ Int. Cl. 4:  
**C23 C 14/50**  
C 23 C 14/06  
H 01 L 21/205

⑳ Aktenzeichen: P 35 41 962.8  
㉑ Anmeldetag: 27. 11. 85  
㉒ Offenlegungstag: 12. 6. 86

**Behördeneigentum**

**DE 3541962 A1**

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
27.11.84 JP P 250243/84

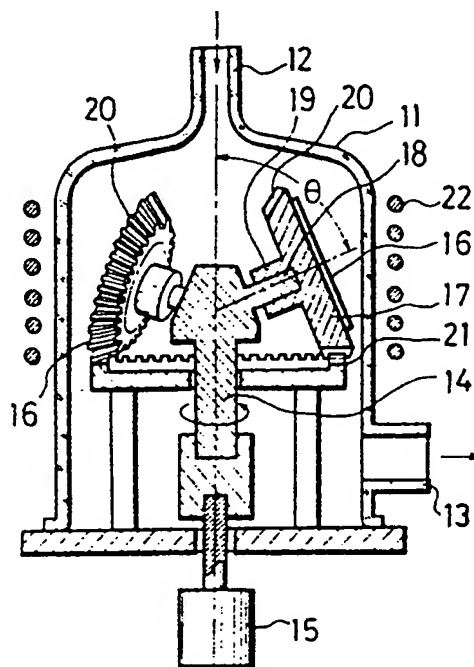
⑦① Anmelder:  
Sony Corp., Tokio/Tokyo, JP

⑦④ Vertreter:  
ter Meer, N., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Müller, F.,  
Dipl.-Ing., 8000 München; Steinmeister, H.,  
Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 4800 Bielefeld

⑦② Erfinder:  
Yoneyama, Keiichi; Kaise, Kikuo; Ayabe, Masaaki,  
Tokio/Tokyo, JP

⑤④ Verfahren und Vakuumbdampfungsapparatur zur Herstellung epitaktischer Schichten

Eine Vakuumbdampfungsapparatur zum Aufbringen von Halbleitermaterial auf einen Halbleiterwafer (16) besitzt ein Reaktionsgefäß (11), eine zentrale Einlaßöffnung (12) zur Einleitung eines Reaktionsgases in das Reaktionsgefäß (11) im oberen Bereich, sowie eine untere Auslaßöffnung (13), durch die das Reaktionsgas aus dem Reaktionsgefäß (11) herausströmt. Innerhalb des Reaktionsgefäßes (11) ist eine Trägereinrichtung (14) um eine Längsachse drehbar, die auf einer vertikalen Symmetrielinie des Reaktionsgefäßes (11) liegt. Die Trägereinrichtung (14) ist mit seitlich abstehenden Achsansätzen (18) verbunden, auf denen jeweils ein Aufnehmer (17) angeordnet ist, auf dem ein Halbleiterwafer (16) positioniert werden kann. Die Aufnehmer (17) sind ihrerseits jeweils um die Achsansätze (18) drehbar, wenn sich die Trägereinrichtung (14) dreht. Die Achsansätze (18) sind dabei gegenüber der nach oben weisenden Symmetrieachse des Reaktionsgefäßes (11) um einen spitzen Winkel ( $\theta$ ) geneigt. Die Oberfläche eines Aufnehmers (17) liegt daher im Reaktionsgefäß (11) weder horizontal noch vertikal.



**DE 3541962 A1**

# TER MEER-MÜLLER-STEINMEISTER

PATENTANWÄLTE - EUROPEAN PATENT ATTORNEYS

3541962

Dipl.-Chem. Dr. N. ter Meer  
Dipl. Ing. F. E. Müller  
Mauerkircherstrasse 45  
D-8000 MÜNCHEN 80

Dipl. Ing. H. Steinmeister  
Artur-Ladebeck-Strasse 51  
D-4800 BIELEFELD 1

S85P355DE00  
Mü/Ur/b

27. November 1985

SONY CORPORATION  
7-35, Kitashinagawa 6-chome,  
Shinagawa-ku, Tokyo, Japan

---

Verfahren und Vakuumbedampfungsapparatur zur  
Herstellung epitaktischer Schichten

---

Priorität: 27. November 1984, Japan, Ser.No. 250243/84 (P)

## PATENTANSPRÜCHE

1. Vakuumbedampfungsapparatur zur Bildung einer Schicht auf einem Halbleiterwafer (16) durch Niederschlag von Schichtmaterial im Vakuum, mit
  - einem Reaktionsgefäß (11),
  - einer Einlaßöffnung (12) zur Einleitung eines Reaktionsgases in das Reaktionsgefäß (11),
  - einer Auslaßöffnung (13), durch die das Reaktionsgas aus dem Reaktionsgefäß (11) ausströmen kann,
  - einer innerhalb des Reaktionsgefäßes (11) angeordneten Trägereinrichtung (14), und mit
  - einer Dreheinrichtung (15) zur Drehung der Trägereinrichtung (14) um ihre Drehachse,

RAD ORIGINAL

g e k e n n z e i c h n e t d u r c h

- eine mit der Trägereinrichtung (14) verbundene Aufnehmereinrichtung (17), auf die der Halbleiterwafer (16) auflegbar ist, und die relativ zur Trägereinrichtung (14) um ihre Aufnehmerachse drehbar ist, die unter einem spitzen Winkel ( $\theta$ ) relativ zur Drehachse der Trägereinrichtung (14) verläuft, und durch
- eine Antriebseinrichtung (20,21) zur Drehung der Aufnahmeeinrichtung (17) um ihre Aufnahmeachse.

2. Vakuumbedampfungsapparatur nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Aufnahmeeinrichtung mehrere konzentrisch um die Trägereinrichtung (14) herum angeordnete Aufnehmer (17) umfaßt, und daß die Einlaßöffnung (12) so angeordnet ist, daß der Reaktionsgasstrom im wesentlichen vertikal nach unten verläuft und auf die schräg zu seiner Strömungsrichtung liegenden mehreren Aufnehmer (17) trifft.
3. Vakuumbedampfungsapparatur nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Aufnehmer (17) mit ihren Aufnehmerachsen gegenüber der Drehachse der Trägereinrichtung (14) um einen Winkel ( $\theta$ ) geneigt sind, der zwischen  $10^\circ$  und  $80^\circ$  liegt.
4. Vakuumbedampfungsapparatur nach einem der Ansprüche 1 bis 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß sie zur Bildung von AlGaAs-Schichten auf dem Halbleiterwafer (16) eingerichtet ist.
5. Vakuumbedampfungsapparatur nach einem der Ansprüche 1 bis 4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
  - die Aufnehmer (17) scheibenartig ausgebildet sind und an ihrer Rückseite einen Ansatz (19) besitzen,

- jeweils ein mit der Trägereinrichtung (14) verbundener und von dieser abstehender zylindrischer Achsansatz (18) in eine entsprechende Ausnehmung im Ansatz (19) hineinragt,
  - die Aufnehmer (17) an ihrem äußeren Umfangsrand ein Antriebskegelzahnrad (20) tragen, und daß
  - konzentrisch zur Drehachse der Trägereinrichtung (14) ein Tellerzahnrad (21) angeordnet ist, das mit dem Antriebskegelzahnrad (20) kämmt.
6. Vakuumbedampfungsapparatur nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die scheibenartig ausgebildeten Aufnehmer (17) aus Graphit bestehen.
7. Vakuumbedampfungsapparatur nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die scheibenartig ausgebildeten Aufnehmer aus SiC bestehen.
8. Vakuumbedampfungsapparatur nach Anspruch 5 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebskegelzahnrad (20) und das Tellerzahnrad (21) aus Quarz, Graphit, einer hitzebeständigen Keramik oder aus SiC bestehen.
9. Verfahren zur Herstellung einer epitaktischen Schicht auf einem Halbleiterwafer (16), gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:
- Positionierung des Halbleiterwafers (16) auf einem Aufnehmer (17), der im Bereich einer Reaktionszone durch hochfrequente elektromagnetische Strahlung induktiv aufheizbar ist,
  - Bildung eines im wesentlichen nach unten durch die Reaktionszone hindurchströmenden Reaktionsgasstromes, so daß das Reaktionsgas aufgrund der Temperatur in der Reaktionszone zur Bildung der epitaktischen Schicht auf dem Halbleiterwafer (16) reagiert,

- Drehung des Aufnehmers (17) gemeinsam mit dem Halbleiterwafer (16) um eine Achse des Aufnehmers (17) während der Reaktion, wobei die Achse des Aufnehmers (17) sowohl gegenüber einer horizontalen Ebene als auch gegenüber einer vertikalen Ebene der Reaktionszone geneigt ist, und
- Drehung des Aufnehmers (17) gemeinsam mit dem Halbleiterwafer (16) während der Reaktion um eine im wesentlichen vertikale Drehachse.

10. Verfahren nach Anspruch 9,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß ein Aufnehmer (17) aus Graphit oder SiC zum Einsatz kommt.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß ein Reaktionsgas mit Komponenten zum Einsatz kommt, die so zersetzbar sind, daß durch sie eine AlGaAs-Schicht auf der Oberfläche des Halbleiterwafers (16) gebildet wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Aufnehmer (17) durch eine außerhalb einer Reaktionskammer (11) liegenden Heizeinrichtung (22) induktiv aufgeheizt wird,

## BESCHREIBUNG

---

Verfahren und Vakuumbedampfungsapparatur zur  
Herstellung epitaktischer Schichten

---

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vakuumbedampfungs-  
apparatur gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.  
Ferner bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zur  
Herstellung epitaktischer Schichten gemäß dem Oberbegriff  
5 des Patentanspruchs 9 mit Hilfe einer derartigen Vakuum-  
bedampfungsapparatur.

Die genannten Schichten, die durch Niederschlag von Halb-  
letermaterial auf einem Halbleiterwafer gebildet werden  
10 und dort aufwachsen, lassen sich beispielsweise mit Hilfe  
des Chemical-Vapor-Deposition-Verfahrens (CVD-Verfahrens)  
oder mit Hilfe des Metal-Organic-Chemical-Vapor-Deposition-  
Verfahrens (MOCVD-Verfahrens) erzeugen.

15 Hierzu stehen zwei unterschiedlich voneinander ausgebildete  
konventionelle Vakuumbedampfungsapparaturen zur Verfügung.  
Die eine besitzt eine aus Quarz bestehende und im  
wesentlichen horizontal angeordnete Reaktionsröhre, in  
die ein Reaktionsgas an einem Ende hineinströmt und am  
20 anderen Ende wieder austritt. Innerhalb der Reaktions-  
röhre befindet sich eine Trägerplatte bzw. ein Aufnehmer  
zur Aufnahme eines Halbleiterwafers oder dergleichen,  
auf dem das Reaktionsprodukt epitaktisch aufwachsen kann.  
Der Aufnehmer wird mit Hilfe einer Hochfrequenzspule  
25 aufgeheizt, so daß das Halbleiterwafersubstrat eine ge-  
eignete Temperatur annehmen kann, die zur Bildung einer  
epitaktischen und verbundenen Halbleiterschicht auf dem  
Halbleiterwafer ausreicht.

Eine zweite konventionelle Vakuumbedampfungsapparatur besitzt eine Reaktionskammer, die zum Beispiel glockenartig ausgebildet ist und aus Quarzglas besteht. Diese Reaktionskammer weist eine longitudinale bzw. vertikal verlaufende Achse auf. Das Reaktionsgas tritt im oberen Bereich der Reaktionskammer ein und verläßt die Reaktionskammer durch einen Ausgang, der in ihrem unteren Bereich liegt.

Eine Trägerplatte bzw. ein Aufnehmer zur Positionierung eines Halbleiterwafers bzw. Halbleiterplättchens ist so angeordnet, daß seine Aufnahmefläche im wesentlichen senkrecht zur Strömungsrichtung des in die Reaktionskammer eintretenden Reaktionsgasstromes liegt. Der Aufnehmer wird während seiner Erwärmung und während das Reaktionsgas vertikal auf den auf dem Aufnehmer liegenden Halbleiterwafer auftrifft, in einer horizontalen Ebene bzw. in seiner Scheibenebene gedreht.

Mit beiden beschriebenen Vakuumbedampfungsapparaturen ist es praktisch nicht möglich, ein gleichmäßiges epitaktisches Wachstum des abgeschiedenen Halbleitermaterials auf dem Halbleiterwafer zu erzeugen. Bei der Vakuumbedampfungsapparatur mit horizontal liegender Reaktionsröhre tritt eine Differenz der Wachstumsgeschwindigkeit zwischen Bereichen auf dem Halbleiterwafer auf, die einerseits in der Nähe des Einlasses und andererseits in der Nähe des Auslasses der Reaktionsröhre liegen, da der Halbleiterwafer im wesentlichen parallel zur Strömungsrichtung des Reaktionsgases angeordnet ist. Der Unterschied in den Wachstumsgeschwindigkeiten macht sich im wesentlichen dann bemerkbar, wenn eine große Anzahl von Halbleiterwafern innerhalb der Reaktionsröhre angeordnet ist.

Auch bei der Vakuumbedampfungsapparatur vom Longitudinaltyp, bei der der Reaktionsgasstrom im wesentlichen senkrecht nach unten verläuft, tritt der genannte Nachteil auf, da sich die Wachstumsgeschwindigkeit des niedergeschlagenen

Materials in radialer Richtung des Aufnehmers ändert. Auch mit einer derartigen Apparatur lassen sich somit keine gleichmäßigen epitaktisch aufgewachsenen verbundenen Schichten bilden.

5

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vakuumbedampfungsapparatur zur Bildung epitaktisch aufgewachsener Schichten auf der Oberfläche eines Halbleiterwafers zu schaffen, mit deren Hilfe auch bei einer großen Anzahl von Halbleiterwafern gleichmäßig aufgewachsene epitaktische Schichten erzeugt werden können.

10

Die vorrichtungsseitige Lösung der gestellten Aufgabe ist im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegeben.

15

Dagegen ist die verfahrensseitige Lösung der gestellten Aufgabe dem kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 9 zu entnehmen.

20

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den jeweils nachgeordneten Unteransprüchen gekennzeichnet.

25

Eine Vakuumbedampfungsapparatur zur Bildung einer Schicht auf einem Halbleiterwafer durch Niederschlag von Schichtmaterial im Vakuum besitzt ein Reaktionsgefäß, eine Einlaßöffnung zur Einleitung eines Reaktionsgases in das Reaktionsgefäß, eine Auslaßöffnung, durch die das Reaktionsgas aus dem Reaktionsgefäß ausströmen kann, eine innerhalb des Reaktionsgefäßes angeordnete Trägereinrichtung, sowie eine Dreheinrichtung zur Drehung der Trägereinrichtung um ihre Drehachse. Diese Vakuumbedampfungsapparatur zeichnet sich durch eine mit der Trägereinrichtung verbundene Aufnehmereinrichtung, auf die der Halbleiterwafer auflegbar ist, und die relativ zur Trägereinrichtung um ihre Aufnehmerachse drehbar ist, die unter einem spitzen Winkel ( $\theta$ ) relativ zur Drehachse der Trägereinrichtung verläuft, und durch eine Antriebs-

30

35



einrichtung zur Drehung der Aufnahmeeinrichtung um ihre Aufnahmeachse aus.

Die Aufnahmeeinrichtung umfaßt vorzugsweise mehrere konzentrisch um die Trägereinrichtung herum angeordnete Aufnehmer, während die Einlaßöffnung so angeordnet ist, daß der Reaktionsgasstrom im wesentlichen vertikal nach unten verläuft und auf die schräg zu seiner Strömungsrichtung liegenden mehreren Aufnehmer trifft.

Nach einer sehr vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind die Aufnehmer mit ihren Aufnehmerachsen gegenüber der Drehachse der Trägereinrichtung um einen Winkel geneigt, der zwischen  $10^\circ$  und  $80^\circ$  liegt.

Beispielsweise läßt sich die Vakuumbedampfungseinrichtung nach der vorliegenden Anmeldung zur Bildung von AlGaAs-Schichten auf dem Halbleiterwafer verwenden.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß die Aufnehmer scheibenartig ausgebildet sind und an ihrer Rückseite einen Ansatz besitzen, jeweils ein mit der Trägereinrichtung verbundener und von dieser abstehender zylindrischer Achsansatz in eine entsprechende Ausnehmung im Ansatz hineinragt, die Aufnehmer an ihrem äußeren Umfangsrand ein Antriebskegelzahnrad tragen, und daß konzentrisch zur Drehachse der Trägereinrichtung ein Tellerzahnrad angeordnet ist, das mit dem Antriebskegelzahnrad kämmt. Der Zahnkranz dieses Tellerzahnrades liegt in einer horizontalen Ebene die parallel zur Bodenfläche des Reaktionsgefäßes angeordnet ist. Er kann mit dieser Bodenfläche fest verbunden sein. Wird die Trägereinrichtung um ihre Längsachse gedreht, zu der konzentrisch der Tellerzahnkranz liegt, so werden die Aufnehmer durch die Achsansätze mitgenommen. Aufgrund des feststehenden Tellerzahnrades

5 drehen sich dabei die Aufnehmer gleichzeitig um den Achsansatz.

Vorzugsweise können die Aufnehmer aus Graphit oder SiC (Siliziumkarbid) bestehen.

10 Nach einer anderen vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung bestehen das Antriebskegelzahnrad und das Tellerzahnrad aus Quarz, Graphit, einer hitzebeständigen Keramik oder ebenfalls aus SiC.

Das Verfahren nach der Erfindung zur Herstellung einer epitaktischen Schicht auf einem Halbleiterwafer zeichnet sich durch folgende Verfahrensschritte aus:

15 Positionierung des Halbleiterwafers auf einem Aufnehmer, der im Bereich einer Reaktionszone durch hochfrequente elektromagnetische Strahlung induktiv aufheizbar ist, Bildung eines im wesentlichen nach unten durch die  
20 Reaktionszone hindurchströmenden Reaktionsgasstromes, so daß das Reaktionsgas aufgrund der Temperatur in der Reaktionszone zur Bildung der epitaktischen Schicht auf dem Halbleiterwafer reagiert, Drehung des Aufnehmers gemeinsam mit dem Halbleiterwafer um eine Achse des  
25 Aufnehmers während der Reaktion, wobei die Achse des Aufnehmers sowohl gegenüber einer horizontalen Ebene als auch gegenüber einer vertikalen Ebene der Reaktionszone geneigt ist, und Drehung des Aufnehmers gemeinsam mit dem Halbleiterwafer während der Reaktion um eine im  
30 wesentlichen vertikale Drehachse.

Die vorliegende Erfindung betrifft somit ein Verfahren und eine Apparatur zur Bildung epitaktischer Schichten mit Hilfe eines geeigneten CVD-Verfahrens oder MOCVD-Verfahrens. Die mit Hilfe der Apparatur auf den Halbleiterwafern erzeugten epitaktisch aufgewachsenen Schichten weisen sowohl eine gleichmäßige Dicke als auch eine

gleichmäßige Zusammensetzung auf. Dabei wird im gesamten Bereich des Halbleiterwafers eine praktisch gleichförmige Wachstumsgeschwindigkeit bei der Bildung der genannten Schichten erreicht. Polykristalline Bereiche und der-  
5 gleichen treten während dieses epitaktischen Wachstumsvorganges nicht mehr in nennenswertem Maße in Erscheinung.

Entsprechend der vorliegenden Erfindung wird also ein Reaktionsgas mit verschiedenen Gaskomponenten, die sich  
10 unter den Reaktionsbedingungen zersetzen und abscheiden, um eine gewünschte Halbleiterschicht zu erhalten, in ein Reaktionsgefäß geleitet, das zum Beispiel glockenförmig ausgebildet sein kann. Die Strömungsrichtung verläuft vom oberen Ende des Reaktionsgefäßes zu seinem unteren  
15 Ende, also vertikal nach unten und entlang der longitudinalen bzw. vertikalen Symmetrieachse des Reaktionsgefäßes. Mehrere Trägertische bzw. Aufnehmer zur Positionierung von Halbleiterwafern (Substrate bzw. Halbleiterplättchen), auf denen Schichten durch Nieder-  
20 schlag im Vakuum aufwachsen sollen, sind konzentrisch um die Zentralachse des Reaktionsgefäßes herum angeordnet. Die Aufnehmer sind dabei mit ihrer ebenen Fläche, auf die der Halbleiterwafer aufgelegt wird, so geneigt, daß diese ebene Fläche weder vertikal noch horizontal liegt. Die  
25 Fläche liegt also weder senkrecht noch parallel zum Reaktionsgasstrom. Vielmehr ist sie gegenüber diesem um einen vorbestimmten spitzen Winkel geneigt. Bei der Reaktion werden die einzelnen Aufnehmer jeweils um ihre eigene Aufnehmerachse gedreht, die unter dem genannten  
30 spitzen Winkel zur Symmetrielinie des Reaktionsgefäßes liegt. Die Aufnehmer drehen sich also in ihrer Scheibenebene. Gleichzeitig werden die Aufnehmer auch um die Symmetrielinie des Reaktionsgefäßes bewegt, so daß sie ebenfalls in einer im wesentlichen horizontal verlaufenden  
35 Ebene gedreht werden. Diese Ebene liegt praktisch senkrecht zur Strömungsrichtung des Reaktionsgases innerhalb des Reaktionsgefäßes.

-11-

Da die Aufnehmer zur Positionierung der Halbleiterwafer sowohl um ihre eigene Achse als auch unter einem vorbestimmten spitzen Winkel relativ zur Gasströmungsrichtung um die Symmetrielinie des Reaktionsgefäßes herum gedreht werden, wird jeder Halbleiterwafer dem Reaktionsgasstrom unter im wesentlichen gleichen Bedingungen ausgesetzt. Die auf den Halbleiterwafern gebildeten Schichten können daher im gesamten Bereich mit gleichförmiger Wachstumsgeschwindigkeit und gleichmäßiger Zusammensetzung hergestellt werden.

Die Zeichnung stellt neben dem Stand der Technik ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dar. Es zeigen:

- 15 Figur 1 eine konventionelle Vakuumbedampfungsapparatur vom Horizontaltyp zur Durchführung eines Chemical-Vapor-Deposition-Verfahrens (CVD-Verfahrens),  
Figur 2 eine weitere konventionelle Vakuumbedampfungsapparatur vom Vertikaltyp zur Durchführung eines Bedampfungsprozesses im Vakuum, und  
20 Figur 3 einen in Längsrichtung verlaufenden Querschnitt durch eine Vakuumbedampfungsapparatur gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Anmeldung.

25 Die konventionelle Vakuumbedampfungsapparatur nach Figur 1 dient beispielsweise zur Durchführung eines MOCVD-Verfahrens (Metal-Organic-Chemical-Vapor-Deposition-Verfahrens) und besitzt eine horizontal liegende Reaktionsröhre 1, die beispielsweise aus Quarz besteht. Durch die horizontal  
30 liegende Reaktionsröhre 1 strömt ein Reaktionsgas von einem zum anderen Röhrenende, wie in Figur 1 durch Pfeile angedeutet ist. Innerhalb der Reaktionsröhre 1 befindet sich eine Trägerplatte oder ein Aufnehmer 3 aus Graphit oder dergleichen zur Aufnahme bzw. Lagerung eines Substrats  
35 oder Halbleiterwafers 2 (Halbleiterplättchen), auf dem durch Niederschlag im Vakuum eine Schicht epitaktisch aufwachsen soll. Das Reaktionsgas strömt dabei an der Oberfläche des Halbleiterwafers 2 entlang, wie ebenfalls durch

BAD ORIGINAL

einen Pfeil in Figur 1 angedeutet ist, also parallel zur Oberfläche des Halbleiterwafers 2. Der Aufnehmer 3 wird mit Hilfe einer Hochfrequenzspule 4 erhitzt. Daher wird auch der Halbleiterwafer 2 auf dem Aufnehmer 3 auf eine  
5 vorbestimmte Substrattemperatur erhitzt, so daß durch thermische Dissoziation des am Halbleiterwafer 2 entlangströmenden und mit diesem in Kontakt kommenden Reaktionsgases auf dem Halbleiterwafer 2 eine gewünschte CVD-Schicht, zum Beispiel eine verbundene Halbleiterschicht, durch  
10 epitaktisches Aufwachsen gebildet werden kann.

Eine weitere konventionelle Vakuumbedampfungsapparatur ist in Figur 2 dargestellt. Sie besitzt eine Reaktionskammer innerhalb eines glockartigen Gefäßes 1 aus Quarz  
15 oder dergleichen, in das ein Reaktionsgas im oberen Bereich des Gefäßes eintritt und im unteren Bereich wieder ausströmt, wie durch die Pfeile in Figur 2 angedeutet ist. Eine Trägerplatte bzw. ein Aufnehmer 3 dient zur Aufnahme bzw. Lagerung eines Halbleiterwafers 2, dessen ebene Aus-  
20 dehnung im wesentlichen senkrecht zur Strömungsrichtung des Reaktionsgases liegt, im vorliegenden Fall also in einer horizontalen Ebene, wobei sich der Aufnehmer 3 zusätzlich in der horizontalen Ebene drehen kann. Beide Vakuumbedampfungsapparaturen nach den Figuren 1 und 2  
25 besitzen den Nachteil, daß sich die Niederschlags- bzw. Abscheidungsgeschwindigkeit und die Wachstumsgeschwindigkeit ändern, so daß die Zusammensetzung des niedergeschlagenen bzw. abgeschiedenen Materials ungleichförmig wird.

30

Gemäß dem in Figur 3 dargestellten Ausführungsbeispiel besitzt die Vakuumbedampfungsapparatur nach der vorliegenden Anmeldung ein Reaktionsgefäß 11 vom Longitudinaltyp, das beispielsweise ein glockenartiges Gefäß aus  
35 Quarz bzw. Quarzglas sein kann. Am oberen Ende des Reaktionsgefäßes 11 bzw. der Reaktionskammer ist eine

Einlaßöffnung 12 vorhanden, durch die Reaktionsgas in das Reaktionsgefäß 11 hineinströmt. Die Einlaßöffnung 12 befindet sich dabei im Bereich der Achse bzw. Symmetrieachse des Reaktionsgefäßes, das beispielsweise zylinderförmig ausgebildet sein kann. Im unteren Bereich des Reaktionsgefäßes 11 befindet sich eine Auslaßöffnung 13, durch die das Reaktionsgas aus dem Reaktionsgefäß 11 wieder austritt, beispielsweise im Bereich der Seitenwand. Die Hauptströmungsrichtung des Reaktionsgases verläuft somit entlang der genannten Achse des Reaktionsgefäßes 11, die durch die strichpunktierte Linie in Figur 3 angedeutet ist. Entlang bzw. auf dieser Achse befindet sich eine Trägereinrichtung, die eine drehbare Welle 14 aufweist, die mit Hilfe eines Antriebsmotors 15 frei um die genannte Achse drehbar ist. Die Symmetrielängsachse der Welle 14 und die genannte Achse des Reaktionsgefäßes 11 sind dabei identisch.

Am oberen Ende der drehbaren Welle 14 sind mehrere scheibenartig ausgebildete Trägertische 17 jeweils drehbar gelagert, durch die Aufnehmer zur Unterstützung bzw. Positionierung von Halbleiterwafern 16 gebildet werden. Die Trägertische bzw. Aufnehmer 17 besitzen untereinander alle den gleichen Winkelabstand in Drehrichtung der drehbaren Welle 14. Sind beispielsweise drei Aufnehmer 17 vorhanden, so besitzen diese untereinander einen gleichen Winkelabstand von  $120^\circ$  in Drehrichtung der drehbaren Welle 14. Jeder Aufnehmer 17 ist so angeordnet, daß die Ebene, auf der der Halbleiterwafer 16 liegt, zur inneren Wandfläche des Reaktionsgefäßes 11 weist, wobei die Fläche so geneigt ist, daß sie eine Position zwischen der horizontalen und der vertikalen Lage entsprechend der Figur 3 einnimmt. Dabei ist jeder Aufnehmer 17 so positioniert, daß seine Drehachse, die senkrecht zu seiner ebenen Fläche verläuft, also senkrecht zur Richtung der Ebene, auf der der Halbleiterwafer 16 liegt, und die <sup>die</sup> Hauptflußrichtung

des Reaktionsgases bzw. die Vertikalrichtung schneidet, unter einem vorbestimmten Winkel  $\theta$  von zum Beispiel  $80^\circ$  bis  $10^\circ$  liegt bzw. relativ zur Achse des Reaktionsgefäßes 11 oder zur Vertikalrichtung der Hauptströmungsrichtung des Reaktionsgases geneigt ist. Die Drehachse des Aufnehmers 17 verläuft also immer schräg nach oben, wie in Figur 3 zu erkennen ist. Jeder Aufnehmer 17 ist für sich gesehen relativ zur drehbaren Achse 14 frei drehbar angeordnet und zwar mit Hilfe eines Ansatzes 19 an der Rückseite des Aufnehmers 17, wobei der Ansatz 19 eine zylindrische Ausnehmung besitzt. In diese zylindrische Ausnehmung des Ansatzes 19 ragt eine zylindrische Achse 18 hinein, die mit der drehbaren Welle 14 verbunden ist. Der Aufnehmer 17 ist also um diese Achse 18 drehbar, die mit der Welle 14 mitgedreht wird und mit dieser fest verbunden ist. Zur Drehung des Aufnehmers 17 um diese Achse 18 bzw. um seine eigene Achse ist eine Dreheinrichtung vorgesehen. Die Dreheinrichtung besitzt beispielsweise ein Antriebskegelzahnrad 20 an der äußeren Umfangsfläche eines jeden scheibenartig ausgebildeten Aufnehmers 17, das mit einem Tellerzahnrad 21 kämmt, welches konzentrisch um die drehbare Welle 14 herum angeordnet ist. Das Tellerzahnrad 21 mit einer kranzförmigen ebenen Zahnanordnung liegt in einer horizontalen Ebene bzw. in einer Ebene, die senkrecht zur drehbaren Welle 14 verläuft. Das Tellerzahnrad 21 kann dabei mit dem Boden des Reaktionsgefäßes 11 fest verbunden sein.

Um das Reaktionsgefäß 11 herum liegt an seiner Außenseite und konzentrisch zu seiner Symmetrieachse bzw. zur Symmetrielängsachse der drehbaren Welle 14 eine Hochfrequenzspule 22. Mit Hilfe der durch die Hochfrequenzspule 22 erzeugten Hochfrequenzenergie wird jeder Aufnehmer 17 durch Induktion erhitzt, so daß auf diese Weise die Halbleiterwafer 16 auf den Aufnehmern 17 ebenfalls auf eine vorbestimmte Temperatur erhitzt werden können.

Die Aufnehmer 17 selbst innerhalb des Reaktionsgefäßes 11 bestehen aus Graphit oder Siliziumkarbid (SiC), während die drehbare Welle 14, das Tellerzahnrad 21 und das Antriebskegelzahnrad 20 aus Quarz, Graphit, einer hitzebeständigen Keramik oder ebenfalls aus SiC bestehen können. Sämtliche Materialien sind inerte Materialien, so daß durch sie keine Verunreinigungsgase erzeugt werden. Darüber hinaus besitzen sie alle gute hitzebeständigen Eigenschaften. Die Antriebskegelzahnräder 20 können mit den jeweiligen Aufnehmern 17 einstückig verbunden sein, können aber auch unabhängig von den Aufnehmern 17 hergestellt werden und aus einem Material bestehen, das sich von dem des Trägerschiffes im ebenen Bereich zur Aufnahme des Halbleiterwafers 16 unterscheidet. Dementsprechend können Aufnehmer 17 und Antriebskegelzahnrad 20 nach ihrer Herstellung miteinander verbunden werden. Selbstverständlich sind auch andere Fertigungsverfahren denkbar. Bestehen der Aufnehmer 17, insbesondere der Ansatz 19, und die drehbare Welle 14, insbesondere der zylindrische, achsartig ausgebildete Ansatz 18, der von der drehbaren Welle 14 seitlich hervorspringt, aus Graphit, so können Ansatz 19 und Achse 18 glatt aufeinandergeführt werden, so daß sich der Aufnehmer 17 gleichmäßig und vibrationsfrei um die Achse 18 drehen kann.

Bei der oben beschriebenen Vakuumverdampfanlage nach der vorliegenden Anmeldung kann zur Bildung einer verbundenen Halbleiterschicht aus AlGaAs ein Trägergas, beispielsweise Wasserstoffgas, gemeinsam mit einem Reaktionsgas verwendet werden, das Trimethyl-Aluminium, Trimethyl-Gallium und Arsenwasserstoff (Arsin) enthalten kann. Dieses Reaktionsgasgemisch wird gemeinsam mit dem Trägergas durch die obere Einlaßöffnung 12 in das Reaktionsgefäß 11 hineingeführt, und zwar mit einem vorbestimmten Molekularverhältnis. Das Gasgemisch streicht dann am Halbleiterwafer 16 vorbei und kommt mit diesem in



- Kontakt, wenn dieser auf dem Aufnehmer 17 bzw. Trägertisch liegt. Dabei wird mit Hilfe des Antriebsmotors 15 die drehbare Welle 14 gedreht. In diesem Fall drehen sich bei Drehung der drehbaren Welle 14 alle Aufnehmer 17 um die drehbare Welle 14 herum, wobei der vorbestimmte Abstand zwischen den Aufnehmern 17 bei der Drehung der drehbaren Welle 14 aufrechterhalten bleibt. Zur selben Zeit dreht sich dabei jeder Aufnehmer 17 um seine eigene Achse bzw. um die Achse 18, da der Tellerzahnkranz 21 mit dem Antriebskegelzahnrad 20 in Kontakt steht, das sich am Umfang eines jeden Aufnehmers 17 befindet. Das hat zur Folge, daß die jeweiligen Halbleiterwafer 16 auf den Aufnehmern 17 ebenfalls um ihre Achse gedreht werden, während sie gleichzeitig um die Achse bzw. Symmetrieachse des Reaktionsgefäßes 11 gedreht werden. Daher können alle Bereiche der auf den jeweiligen Aufnehmern 17 angeordneten Halbleiterwafer 16 vom Reaktionsgas unter im wesentlichen gleichen Bedingungen beaufschlagt bzw. getroffen werden.
- 20 In Figur 3 ist lediglich ein Aufnehmer 17 zur Lagerung eines einzelnen Halbleiterwafers 16 dargestellt. Selbstverständlich können auch mehrere Halbleiterwafer 16 auf jeweils einem Aufnehmer 17 angeordnet werden.
- 25 Wie oben beschrieben, können alle Halbleiterwafer 16 bzw. Halbleiterplättchen in ihrem gesamten Flächenbereich gleichförmig bzw. gleichmäßig vom Reaktionsgas beaufschlagt und getroffen werden, wenn die Halbleiterwafer 16 sowohl um ihre eigene Achse (Flächennormale) als auch um die Symmetrieachse des Reaktionsgefäßes 11 gedreht werden. Wie bereits erwähnt, liegen auf dieser Symmetrieachse die Symmetrielängsachse der drehbaren Welle 14 und die Symmetrieachse der Einlaßöffnung 12. Auf diese Weise wird erreicht, daß Ungleichmäßigkeiten bezüglich der Reaktionsgeschwindigkeit und der Zusammensetzung der niedergeschlagenen Schichten vermieden werden.

Ferner sind entsprechend der vorliegenden Anmeldung die Aufnehmer 17 so angeordnet, daß die Oberfläche der auf ihnen liegenden Halbleiterwafer 16 nicht frontal vom Reaktionsgasstrom getroffen wird. Es kann auf diese Weise  
5 verhindert werden, daß Reaktionsgas auf der Oberfläche der Halbleiterwafer 16 verbleibt bzw. sich dort staut, so daß die Oberfläche der Halbleiterwafer 16 fortlaufend von frischem Reaktionsgas überstrichen wird. Der Aufwachs-  
vorgang kann somit erheblich schneller bzw. besser ver-  
10 laufen, derart, daß zum Beispiel keine polykristallinen Substanzen bzw. Bereiche während des epitaktischen Aufwachs-  
vorganges gebildet werden.

Im allgemeinen besitzen die Aufnehmer 17 in ihrem äußeren  
15 Randbereich in der Nähe der Heizspule 22 infolge der Auf-  
heizung durch die Heizspule 22 eine sehr hohe Temperatur. Entsprechend der vorliegenden Anmeldung ist es jedoch möglich, daß die Wärme aus diesem Bereich der Aufnehmer 17  
über die jeweiligen Antriebskegelzahnräder 20 und das  
20 Tellerzahnrad 21 abgeleitet werden kann. Dementsprechend wird die Temperaturdifferenz zwischen dem zentralen Bereich und dem äußeren Randbereich eines jeden Aufnehmers 17 er-  
heblich vermindert. Die chemische Reaktion an der Ober-  
fläche eines jeden Halbleiterwafers 16 kann daher in noch  
25 gleichmäßigerer Weise erfolgen, so daß besonders gleichförmige epitaktisch aufgewachsene Schichten erhalten werden.

- 18 -  
- Leerseite -

- 19 -

FIG. 1

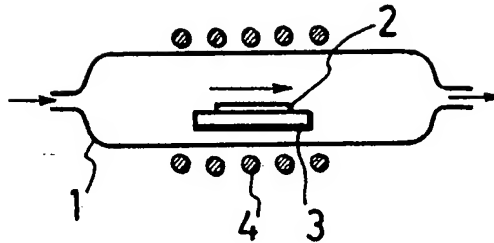


FIG. 2

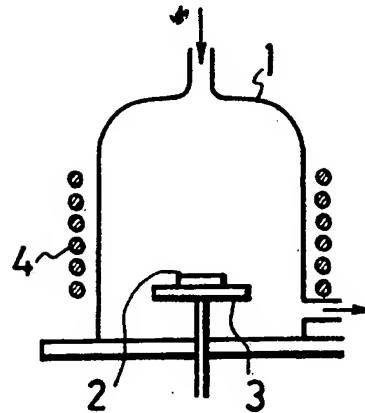


FIG. 3

